

補助事業番号 28-99
補助事業名 平成28年度 知覚車輪の研究開発 補助事業
補助事業者名 東北大学大学院工学研究科 永岡健司

1 研究の概要

本研究では、噴火した火山や月、火星などの極限環境を探索する遠隔操作型の車輪移動ロボットに向けた車輪システムの知覚化を行い、汎用性の高い知覚車輪モジュールの実現を目指す。車輪から地盤への作用（走行轍の形成）と地盤から車輪への反作用（地盤反力）の視覚・触圧覚情報を階層的に処理することで、車輪の滑り状態や沈下量のオンライン推定を可能とする知覚車輪ユニットを実現し、単輪走行試験装置を用いた技術実証を行う。

2 研究の目的と背景

近年多発する火山噴火の際の情報収集や、月や火星での科学探査など、人がアクセス不可能な極限領域での遠隔操作型のロボット探査において、緩い土砂や砂利で覆われた地形で車輪ロボットが走行不能に陥る、といった点が技術課題とされている。このような局所的な車輪走行状態は、遠隔操作者がテレメトリデータから定量的に正しく判断することは非常に困難であり、ロボット自身が自律的に走行不能を回す避機能を有する必要がある。そのための最重要課題として、車輪と地盤との力学的相互作用（幾何学的・運動学的な情報）を知覚する技術開発が急務である。

地上で広く用いられる屋外向け車輪型移動ロボットの研究開発の多くは、可視光カメラやレーザ測距センサを用いて、視覚的に外環境を認識し、オンラインで障害物回避する経路計画と追従を目標としてきた。そこには、暗黙的に「走行可能な」地面（路面）を移動する、という前提があり、軟弱な砂地や砂利からなる不均一な極限地帯では、車輪の走行不能を回避できていなかった。一方で、移動生物としての人間に着目すると、人は歩行の際、足裏での触圧覚から、地面の滑り易さや変形などの状態を直接的に知覚できる。人の足のように車輪を知覚化できれば、地盤状態の動的変化にも柔軟に適応し、走行不能を回避する運動制御が実現可能となる。

そこで本研究では、車輪が軟弱地盤を走行する際に発生する力学的相互作用として、地盤への作用（走行轍、沈下）と地盤からの反作用（地盤反力）をセンシングし、車輪走行特性（滑りや沈下）を知覚処理可能な知覚車輪ユニットの開発を行うことを目的とする。

3 研究内容

<http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/~nagaoka/>

(1) 知覚車輪の開発と実験的評価

① 知覚車輪の設計・開発 (図1)

図1に示す知覚車輪を設計し、試作ユニットを開発した。知覚すべき項目として、特に、車輪走行時に、デプスカメラの距離データと可視光画像を階層的に処理して、走行軌と沈下量を、また地盤から車輪への地盤反力をリアルタイムで計測、推定することが可能な知覚車輪ユニットの開発を目指す。車輪の滑り状態や沈下量をオンライン推定が可能となれば、極限探査において、人が移動経路や方向を指示するだけで、ロボット自身が地盤との相互作用から、車輪の局所的な運動特性を知覚することができ、適切な運動制御へと繋げることができるようになる。

② 単車輪試験装置の改良 (図2)

①で設計開発した知覚車輪ユニットの知覚機能の性能を実験的に評価するため、単輪走行試験の改良を行った。特に、車輪と地盤との力学的相互作用を各種センサによって取得可能な構成へと拡張するとともに、知覚機能の評価のための参照真値を高精度に取得可能な構成となるように改良を加えた。

③ 知覚車輪ユニットの実験的評価

①、②の装置を用いて、知覚車輪ユニットの知覚機能の性能を実験的に評価するため、単輪走行試験の改良を行った。評価試験の結果、構築した知覚車輪システムにより知覚した推定値は、車輪沈下量は絶対誤差2mm未満、車輪滑りは絶対誤差4%未満、といった高精度なオンライン推定が可能であることを実証できた。また、車輪走行状態ごとの地盤反力を体系的に把握することができており、運動状態と相互作用との相関を明らかにした。



図1: 知覚車輪ユニット

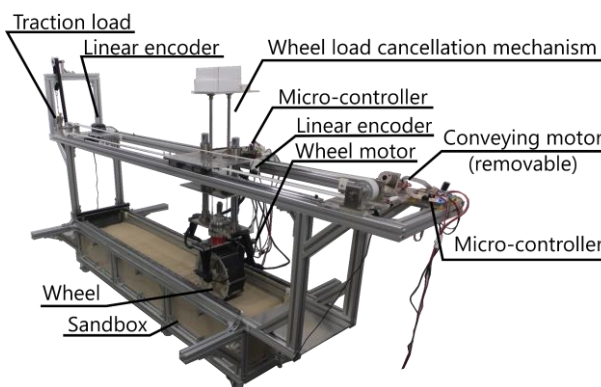


図2: 単輪走行試験装置

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究は、軟弱地盤を走行する車輪システムの知覚化を目指したものである。特に、開発した知覚車輪ユニットは、汎用的な車輪移動ロボットやオフロード車両、スマート移動体などに対しても移植性の高い構成である。具体的には、車輪単体だけを交換することですること、従来の移動ロボットシステムに知覚化を付帯できるような機能化されたユニットへと拡張できる可能性を有する点が一つの利点である。また、センサにより取得する知覚情報自体は、軟弱地盤に限らず、粘土質の地盤や礫で覆われた環境などにも応用可能な技術であり、今後様々な屋外移動システムへの拡張が想定される技術である。本事業で得られた成果は、次世代ロボットの車輪移動機構の基盤技術という位置付けであり、実践的応用へと繋げていくことが期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

昨今の火山噴火や自然災害、宇宙探査の躍進を受けて、人が立ち入ることのできない極限環境で人に代わって作業を行うロボット技術への需要は高まってきている。特に、申請者はこれまで宇宙ロボティクスを専門として研究に従事する中で、机上での理論だけではなく、実践的応用に根差した研究開発を重視してきた。その中で、本研究で対象とした車輪の知覚化に関する研究開発は、ロボット技術の根幹の一つである「計測」の技術に主眼を置いている。加えて、複雑な砂の振る舞いを扱う上で、申請者が所属する研究グループがこれまでに培ってきた車輪と地盤との相互力学に関する知識と経験を活かすことで、本研究の技術実証へとスムーズに繋げることができたと捉えている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

特になし（発表予定）

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

特になし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東北大学 大学院工学研究科 吉田・坂本・永岡研究室

(トウホクダイガク ダイガクインコウガクケンキュウカ ヨシダ・サカモト・ナガオカケンキュウシツ)

住 所 : 〒980-8579

宮城県仙台青葉区荒巻字青葉6-6-01

申 請 者 : 助教 永岡健司 (ナガオカケンジ)

担 当 部 署 : 大学院工学研究科 航空中工学専攻

(ダイガクインコウガクケンキュウカ コウクウウチュウコウガクセ
ンコウ)

E - m a i l : nagaoka@astro.mech.tohoku.ac.jp

U R L : <http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/~nagaoka/>